

Modellierung der Verkehrsmittelwahl

Einleitenden Bemerkungen

Die Zielstellung der Modal-Split-Betrachtungen läuft darauf hinaus, Entscheidungskriterien zu erarbeiten, nach denen die einzelnen Personen ihre Verkehrsmittel auswählen. Anhand von statistischen Erhebungen erhält man Einblick in das Auswahlverhalten der Bevölkerung (z. B. CIEJKA, W.; WAINAINA, S.K.). Mit Hilfe von statistischen Schätzverfahren kann man aus den Erhebungen Aussagen über die Auswahl der Verkehrsmittel ableiten (z. B. GOULIAS, K.G., KITAMURA, R.; HIROBATA, Y., KAWAKAMI, S.I.; REGGIANI, A., STEFANI, S.; SUCHORZEWSKI, W. u.a.).

Eine Zusammenstellung von Verfahren zur Bearbeitung dieser Aufgabenstellung findet man bei (BRILON, W., BLANKE H.).

1. Modelle der Verkehrsaufteilung

Die angewandten Modelle der Verkehrsaufteilung (modal - split) kann man in folgende Gruppen aufteilen:

- klassische Modelle,
- verhaltensorientierte Modelle,
- Modelle der Analyse.

Diese Modelle unterscheiden sich voneinander bei der Behandlung des Problems der Verkehrsmittelwahl und durch die verwendeten Variablen. Über diese Modellgruppen wird ein kurzer Überblick gegeben.

Klassische Modelle gehören zu den einfachsten Modellen der Verkehrsmittelwahl. Alle diese Modelle stützen sich auf den Begriff des Nutzens, den man als Gesamteinschätzung der Vor- und Nachteile einzelner alternativen Verkehrsmitteln definieren kann. Am häufigsten verwendet man in diesen Modellen als Kriterium die Reisezeit mit verschiedenen Verkehrsmitteln oder die Zeitverluste durch Umsteigen und Warten.

Verhaltensorientierte Modelle behandeln das Problem der Verkehrsaufteilung vom Standpunkt der Reisenden:

warum wählt er dieses Verkehrsmittel und nicht ein anderes ?

Die Wahrscheinlichkeit für die Wahl der Verkehrsmittel ist in diesen Modellen eine Funktion der sozio-ökonomischen Charakteristik der Fahrgäste und der Eigenschaften des Verkehrsnetzes.

^{*)} Cracow Univers. of Technology, Institut of Roads and Railway, ul. Warszawska 24
31-155 Kraków, Poland

^{**)} Bauhaus-Univers. Weimar, Wiss.-Bereich Mathemat. Optimierung
Coudraystr. 13, D - 99421 Weimar

Modelle der Analyse wurden für Großstädten mit gut entwickeltem öffentlichem Verkehrssystem bearbeitet. Sie werden dazu verwendet, die Arbeit des öffentlichen Verkehrssystems zu verbessern und seine Wirksamkeit zu erhöhen. Am häufigsten berücksichtigen diese Modelle sowohl den Standard der alternativen Verkehrsmitteln als auch die sozio-ökonomischen Eigenschaften der Reisenden.

2. Ausgewählte Modelle

Aus der Vielzahl der existierenden Modelle werden einige ausgewählt .

2.1. Logit - Modell

Es wird angenommen, daß der Nutzen eine lineare Funktion des objektiven Attributs ist, von dem Werte gemessen werden. Nach [BRILON W., BLANKE H.] gilt für die Nutzen-funktion

$$V_{it} = B_0 + \sum_{k=1}^K X_{itk} \cdot B_k \quad \text{für } i \in M : \text{ Menge aller Alternativen } (I = |M| \geq 2)$$

z.B. $M = \{\text{MIV, ÖPNV, Fuß}\}$

wobei V_{it} = objektiv (d.h. numerisch eindeutig feststellbarer) Nutzen der Alternative i für das Individuum t (wird erfaßt)
 B_k = Parameter des k -ten Attributs (wird geschätzt)
 X_{itk} = Zahlenwert des Attributs k bei Alternative i für Individuum t (wird erfaßt)

Wenn das Modell bekannt ist - d.h. die Werte von B_k liegen vor - dann kann man für Werte von X_{itk} die dazugehörigen Werte von V_{it} berechnen. Anhand dieser Werte erhält man mittels

$$p_t(i) = \frac{e^{V_{it}}}{\sum_{j=1}^I e^{V_{jt}}} \quad \text{für } i \in M$$

die Wahrscheinlichkeit dafür, daß das Individuum t das Verkehrsmittel i wählt .

Im Falle von zwei Alternativen vereinfacht sich obiger Ausdruck zu

$$p_{1t} = \frac{e^{B \cdot Y_t}}{1 + e^{B \cdot Y_t}} \quad \text{mit } Y_t := X_{1t} - X_{2t}$$

2.2. Binomiales Logit - Model

Dieses Modell ist eine spezielle Art des Logit - Modells, in dem die Logit - Funktion mit zwei Alternativen (in dualer Form) geschrieben wurde. Die Wahrscheinlichkeit, daß die Alternative A k -mal unter der Bedingung $t = T_i$ gewählt wurde, berechnet sich nach der Formel

$$\Pr[K_i = k | T_i = t] = \binom{t}{k} \cdot \left[\frac{1}{1 + \exp(-X_i' \beta)} \right]^k \cdot \left[\frac{\exp(-X_i' \beta)}{1 + \exp(-X_i' \beta)} \right]^{t-k}$$

wobei X_i = Vektor der Variablen für Individuum i
 β = Kennziffer des Vektors X_i

2.3. Multinomial - Logit - Modell (MNL - Modell)

Es wird angenommen, daß der Nutzen - ähnlich wie im Logit - Modell - eine lineare Funktion ist, die aber nicht nur von objektiven Attributen sondern auch sozio-ökonomischen Kennziffern abhängt .

$$V_{it} = B_0 + \sum_{k=1}^K X_{itk} \cdot B_k + \sum_{l=1}^L S_{itl} \cdot A_l$$

wobei B_k = Gewichtsparameter des Attributs k
 X_{itk} = Zahlenwert des Attributs k bei Alternative i für Individuum t
 A_l = Gewichtsparameter der sozio-ökonomischen Größe l
 S_{itl} = Kenndaten für sozio-ökonomischen Variable l Individuum t

Im Fall von zwei Alternativen ($I = 2$) haben die sozio -ökonomischen Variablen keinen Einfluß auf das Verhältnis der beiden Wahrscheinlichkeiten :

$$\ln\left(\frac{p_{1t}}{1-p_{1t}}\right) = \sum_{k=1}^K B_k \cdot (X_{1tk} - X_{2tk})$$

Da die Bewertung sozio-ökonomischer Variablen häufig nicht möglich ist, wird dieser Ansatz bei mehr als zwei Alternativen auf den Fall des Logit -Modells reduziert .

2.4. Dogit - Modell

Das Modell geht zurück auf Gaudry vom Jahr 1977. Es wird angesetzt:

$$p_{it} = c \cdot \left(e^{V_{it}} + Q_{it} \cdot \sum_{j=1}^J e^{V_{jt}} \right)$$

Dieser Ansatz erlaubt , eine Wichtung der Alternative i gegenüber den anderen Alternativen vorzunehmen. Q_{it} stellt ein Gewicht dar.

mit V_{it} = nicht zufällige Nutzenkomponente der Alternative i für Individuum t
 Q_{it} = nicht-negativer Parameter der Alternative i ,
 c = Proportionalitätskonstante

Es muß gelten:

$$\sum_{i=1}^J p_{it} = 1 \quad \text{hieraus folgt} \quad p_{it} = \frac{e^{V_{it}} + Q_{it} \cdot \sum_{j=1}^J e^{V_{jt}}}{\left(1 + \sum_{j=1}^J Q_{jt}\right) \cdot \sum_{j=1}^J e^{V_{jt}}}$$

Das Modell ist mit dem Logit - Modell identisch, wenn $Q_{it} = 0$ für alle i gilt .

3. Das Modell der Verkehrsmittelwahl für Krakau

Unter den oben aufgeführten Modellen wurde zur weiteren Analyse der Verkehrsmittelwahl der Stadt Krakau das Logit - Modell ausgewählt. Es ist zwar das einfachste, aber

es spiegelt die reale Nutzung der einzelnen Verkehrsmittel durch die potentiellen Fahrgäste wider.

Um dieses Modell der Verkehrsmittelwahl zu bearbeiten, wurde unter 194 Menschen (31% Frauen, 69% Männer, aus zwei soziologischen Gruppen: Studenten und Arbeitern) die Befragung durchgeführt. Sie enthielt zwei Fragen :

A. Welcher der folgenden Faktoren hat die größte Bedeutung bei der Verkehrsmittelwahl ?

- Reisezeit, Reisekost, Länge der Reise, Pünktlichkeit, Bequemlichkeit, Sicherheit; 80,9% der Befragten antworteten, daß die Reisezeit am wichtigsten ist;

B. Wie lange dauert die Zufahrt zur Arbeit mit öffentlichem und individuellem Verkehrsmittel und womit fährt der Befragte zur Arbeit ?

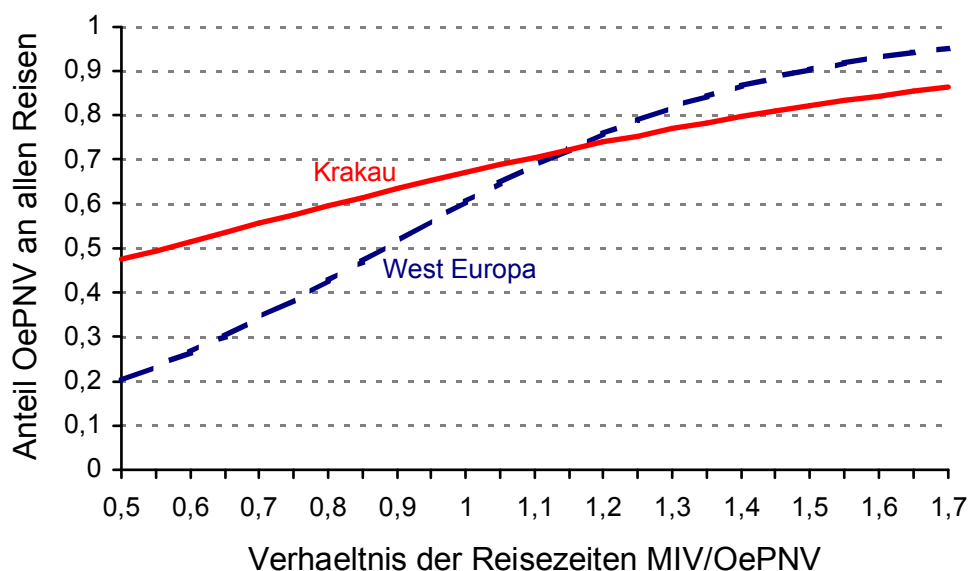
Auf Grund dieser Daten wurde das Modell der Verkehrsmittelwahl für Krakau bearbeitet. Die Wahrscheinlichkeit der Wahl des öffentlichen Verkehrsmittels $p_{\text{ÖPNV}}$ kann man nach folgenden Formel berechnen:

$$p_{\text{ÖPNV}} = \frac{1}{1 + 2,502 \cdot e^{-1,629 \cdot S_t}} \quad \text{mit } S_t = \frac{t_{\text{MIV}}}{t_{\text{ÖPNV}}}$$

wobei t_{MIV} = Reisezeit mit Auto (MIV)

$t_{\text{ÖPNV}}$ = Reisezeit mit öffentlichem Nahverkehr

Diese Untersuchungen wiesen nach, daß bei gleichem Verhältnis dieser beiden Reisezeiten der Anteil der Reisen mit ÖPNV in Krakau das 1,5-fache dessen beträgt, was man in westeuropäischen Städten vor findet. Dieser Vergleich ist im unteren Diagramm dargestellt.



Diesen Unterschied kann man durch die schwächere Entwicklung der Motorisierung und somit mit einer geringeren Verfügbarkeit des Autos erklären.

Um die Aussagekraft dieses Modells zu verbessern, soll es auf andere soziologische Gruppen erweitert werden.

Literatur:

BRILON W., BLANKE H.: Planungsmodelle; Ruhr-Universität Bochum, 1992

HIROBATA Y., KAWAKAMI S.: Modelling disaggregate behavioral modal-switching models based on intention data; Transpn. Res. B, Vol. 24B, No. 1, 1990

GOULIAS K.G., KITAMURA R.: Analysis of Binary Choice Frequencies with Limit Cases: Comparison of Alternative Estimation Methods and Application to Weekly Household Mode Choice; Transpn. Res. B, Vol. 27B, No. 1, 1993

REGGIANI A., STEFANI S.: A new Approach to Modal Split Analysis : Some empirical results; Transpn. Res.-B, Vol. 23B, No. 1, 1989

SUCHORZEWSKI W. i inni - Planowanie systemów transportu w miastach; Instytut Gospodarki Przestrzennej i Komunalnej, Warszawa, 1991